

市政给排水管道工程的顶管施工工艺研究

周 贺 李松霖 彭小莉

徐州市水利建筑设计研究院有限公司 江苏 徐州 221018

摘要：随着城市化进程的加速，市政给排水管道工程面临着越来越高的建设要求。顶管施工工艺作为一种先进的非开挖技术，在市政给排水管道工程中得到了广泛应用。该技术不仅能减少对城市环境的破坏，还能显著提高施工效率和质量。本文将深入探讨顶管施工工艺的技术原理、特点及其在市政给排水管道工程中的具体应用，分析其发展趋势和优化策略，以期为该领域的进一步研究和实践提供参考。

关键词：市政给排水管道工程；顶管施工工艺；应用

引言：市政给排水管道工程是城市基础设施建设的核心内容，而顶管施工工艺则以其独特的优势在工程中占据重要地位。该技术通过非开挖方式，有效减少对城市环境的破坏，同时提高施工效率和质量。随着城市化进程的加快，顶管施工工艺在市政给排水管道工程中的应用越来越广泛。本文旨在深入探讨顶管施工工艺的原理、特点及应用，为市政给排水管道工程的优化与发展提供理论支持和实践指导。

1 顶管施工工艺的技术原理与特点

1.1 顶管施工工艺的基本原理

顶管施工工艺是一种非开挖管道施工方法，其基本原理是利用液压顶进设备，将预制管道按设计的线路顶入土中，以替代传统的开挖方式铺设管道。在施工过程中，首先挖掘一个工作井和接收井，然后在工作井中安装顶进设备，将管道从工作井顶入，通过土壤层的不断推进，最终将管道顶入到接收井内。这种方法实现了在几乎无需开挖地面的情况下，完成管道铺设的任务。在顶管过程中，需要确保管道能够平稳地推进，这就涉及到了土壤力学和管道力学的原理。土壤力学原理主要关注土壤的物理力学性质，如土壤的抗压强度、摩擦系数等，这些性质将直接影响管道的顶进阻力和顶进速度。而管道力学原理则关注管道在顶进过程中的受力情况，包括管道的弯曲、变形以及管道与土壤之间的相互作用等。此外，顶管施工工艺还需要考虑地下水的影响。在地下水位较高的地区，需要采取降水措施，降低工作井和管道周围的地下水位，以避免地下水对管道顶进过程的影响。

1.2 顶管施工的主要设备与材料

顶管施工所需的主要设备包括液压顶进设备、管道运输设备、注浆设备以及监控测量设备等。液压顶进设备是顶管施工的核心设备，用于提供顶进管道所需的

推力。管道运输设备则用于将预制管道从生产场地运输到施工现场。注浆设备用于在管道顶进过程中进行注浆作业，以减少管道与土壤之间的摩擦阻力，提高顶进效率。监控测量设备则用于实时监测管道的顶进情况，确保施工过程的安全和质量。在材料方面，顶管施工所使用的管道一般为预制钢筋混凝土管道或钢管，根据工程需求和地质条件选择合适的管道材料和规格。此外，注浆材料也是顶管施工中不可或缺的一部分，注浆材料的选择应根据土壤性质、管道材料以及工程要求来确定^[1]。

1.3 顶管施工工艺的优点与局限性

顶管施工工艺相比传统的开挖铺设方式具有诸多优点。首先，顶管施工无需大面积开挖地面，对周围环境的破坏较小，有利于保护城市风貌和交通正常运行。其次，顶管施工不受气候条件影响，可以在各种天气条件下进行施工，提高了施工效率。此外，顶管施工还具有节约土地资源、减少施工噪音和扬尘污染等优点。然而，顶管施工工艺也存在一定的局限性。首先，顶管施工对地质条件要求较高，对于地质条件复杂、土壤力学性质较差的地区，顶管施工难度会大大增加。其次，顶管施工的设备和技术要求较高，需要专业的施工队伍和技术人员进行操作和管理。此外，由于顶管施工是一种非开挖方法，对于管道的维修和更换存在一定的困难。

2 顶管施工工艺在市政给排水管道工程中的应用

2.1 顶管施工前的准备工作

在市政给排水管道工程中应用顶管施工工艺，前期的准备工作至关重要。这些准备工作包括详细的地质勘察、施工图纸设计、管道材料的选择与预制、施工现场的布置以及必要的施工许可申请等。（1）进行地质勘察是顶管施工前不可或缺的一步。通过勘探测试，了解地下水位、土层分布、岩石层厚度以及土壤力学性质等信息，为后续的管道设计和施工方案制定提供可靠依据。

(2) 施工图纸设计需要根据地质勘察结果和工程要求进行。设计过程中,需确定管道走向、埋深、管径等参数,并细化工作井和接收井的位置与尺寸。同时,还需考虑到排水需求和管道连接等因素,确保设计方案的合理性和可行性。(3) 选择合适的管道材料并进行预制也是一项重要任务。根据工程需求和使用环境,选用合适的管道材料(如钢筋混凝土管或钢管),并在预制工厂按设计图纸制作好管节。预制管节的质量应符合相关标准,以确保后续顶进过程的顺利进行^[2]。(4) 在施工现场布置方面,需根据施工方案设置工作井和接收井的位置,并安排好顶进设备、注浆设备、管道运输设备等的布置。同时,还需考虑施工期间的临时用水、用电和排水等问题,确保施工过程的顺利进行。(5) 还需按照相关规定申请施工许可,并在施工现场设置必要的警示标志和安全防护措施,确保施工过程的安全可控。

2.2 顶管施工的工艺流程

顶管施工的工艺流程主要包括工作井和接收井的施工、顶进设备的安装与调试、管道顶进、注浆与润滑以及管道连接等步骤。(1) 按照施工图纸的要求,在工作井和接收井的位置进行挖掘。挖掘过程中需确保井壁的稳定性和垂直度,防止井壁坍塌。挖掘完成后,需对井底进行清理和整平,为后续的管道顶进和连接做好准备。(2) 安装顶进设备和注浆设备,并进行调试和检查。确保设备性能良好、操作灵活,为顶进过程的顺利进行提供保障。(3) 将预制好的管道吊装至工作井中,并与顶进设备连接。在顶进过程中,需保持管道的平稳和匀速推进,同时密切监测管道的顶进情况和受力状态,及时调整顶进速度和注浆量,确保管道顺利顶入接收井。在管道顶进的同时,需进行注浆与润滑作业。注浆作业主要用于填充管道与土壤之间的空隙,减少摩擦阻力;而润滑作业则通过在管道表面涂抹润滑剂,降低顶进过程中的摩擦系数,进一步提高顶进效率。(4) 当管道顶进至接收井并达到设计位置后,进行管道的连接工作。连接时需确保管道接口的密封性和稳定性,防止漏水或脱管现象的发生^[3]。

2.3 顶管施工中的质量控制与安全保障

在顶管施工过程中,质量控制和安全保障是不可忽视的重要环节。(1) 在质量控制方面,需建立健全的质量控制体系,对每一道工序进行严格把关。首先,要对管道材料和预制管节进行质量检查,确保其符合设计要求和相关标准。其次,在顶进过程中,需对管道的顶进速度、注浆量、管道受力状态等进行实时监测和记录,确保各项指标在允许范围内。此外,还需对施工现

场进行定期巡查,及时发现并处理施工中的质量问题。

(2) 在安全保障方面,需严格遵守安全生产规定和操作规程。首先,要对施工人员进行安全教育和培训,提高他们的安全意识和操作技能。其次,要设立明显的安全警示标志,并在施工现场设置必要的安全防护设施。同时,还需制定应急预案,以应对可能发生的施工安全事故。在施工过程中,还需加强现场监管和检查,确保各项安全措施得到有效执行。

3 顶管施工工艺在市政给排水管道工程中的案例分析

3.1 案例选择与背景介绍

本次案例分析选取的是某市一项重要的市政给排水管道工程。该工程位于城市繁华区域,周边道路狭窄,交通繁忙,地下管线错综复杂,传统的开挖施工方法将对交通和市民生活造成较大影响。因此,决定采用顶管施工工艺进行管道的铺设,以减少对周边环境的干扰,确保施工的高效与安全。

3.2 顶管施工工艺在案例中的实施过程

在实施顶管施工之前,项目团队进行了详细的地质勘察和现场调研,确定了管道的走向、埋深和管径等参数。根据设计方案,选择了合适的钢筋混凝土管作为顶管材料,并在预制工厂制作了符合要求的管节。(1) 在施工过程中,首先按照施工图纸的要求,在合适的位置挖掘了工作井和接收井。工作井作为顶进设备的安装和操作平台,接收井则用于接收顶进的管道。在挖掘过程中,严格遵循了施工规范和安全要求,确保了井壁的稳定性和施工人员的安全。(2) 安装了液压顶进设备、注浆设备以及监控测量设备等,并进行了调试和检查。顶进设备选用了高效稳定的液压顶进装置,注浆设备则具备精确的注浆量和注浆压力控制能力。监控测量设备实时记录了管道的顶进情况和周围土壤的变化,为施工过程中的决策提供了可靠依据。(3) 在顶进过程中,项目团队严格控制了顶进速度和注浆量,确保管道能够平稳、匀速地顶入土壤。同时,通过注浆作业填充了管道与土壤之间的空隙,减少了摩擦阻力,提高了顶进效率。此外,还通过监控测量设备及时发现了管道顶进过程中的异常情况,并采取了相应的措施进行处理,确保了施工质量和安全。(4) 当管道顶进至接收井并达到设计位置后,项目团队进行了管道的连接工作。在连接过程中,采用了密封性良好的连接方式,确保了管道接口的紧密性和稳定性。同时,还对管道进行了必要的检查和测试,确保其满足使用要求。

3.3 案例效果分析与经验总结

经过一段时间的施工,该市政给排水管道工程顺利

完成。采用顶管施工工艺有效避免了传统开挖施工对周边环境的破坏和交通影响,降低了施工噪音和扬尘污染。同时,顶管施工还提高了施工效率和质量,缩短了工期,节约了成本。通过本次案例分析,我们可以总结出以下几点经验:首先,顶管施工前的准备工作至关重要,包括地质勘察、施工图纸设计、管道材料选择与预制等。其次,在施工过程中要严格控制顶进速度、注浆量等关键参数,确保管道能够平稳顶入土壤。此外,加强监控测量和及时处理异常情况也是保障施工质量和安全的重要措施。最后,项目团队的协作和经验积累也是顶管施工工艺成功应用的关键因素。

4 顶管施工工艺的发展趋势与优化策略

4.1 顶管施工工艺的技术发展趋势

随着科技的进步和工程实践的不断深化,顶管施工工艺在技术层面呈现出多个发展趋势。(1)自动化和智能化技术的引入将极大地提升顶管施工的效率和质量。例如,通过采用先进的传感器和控制系统,可以实现对顶进速度、注浆量等关键参数的精确控制,减少人工干预和误操作的风险。同时,利用大数据和人工智能技术,可以对施工过程中的数据进行实时监测和分析,为决策提供更加科学和准确的依据。(2)顶管施工工艺的环保性能将得到进一步的提升。传统的顶管施工可能会产生一定的噪音、扬尘和废水,对环境造成一定的影响。因此,未来的顶管施工工艺将更加注重环保措施的应用,如采用低噪音、低振动的施工设备,优化注浆材料的选择和配比,以及加强对废水和废渣的处理和回收利用等。(3)顶管施工工艺的适用范围也将不断拓宽。随着新材料、新技术的不断涌现,顶管施工可以应用于更多复杂的地质条件和工程环境。

4.2 顶管施工工艺在市政给排水管道工程中的优化策略

在市政给排水管道工程中应用顶管施工工艺时,可以采取一系列优化策略以提升施工效果。(1)加强施工前的地质勘察和现场调研,充分了解地下管线的分布情况和地质条件,为制定合理的施工方案提供依据。(2)优化管道材料和预制管节的选择和设计,确保管道的质量和性能满足工程要求。同时,对施工过程进行精细化

管理,包括严格控制顶进速度、注浆量等参数,加强监控测量和数据处理等。(3)加强施工人员的培训和教育也是优化顶管施工工艺的关键。通过提高施工人员的专业技能和安全意识,可以减少施工过程中的错误和事故,提高施工质量和效率。同时,加强项目管理和团队建设,确保施工过程的顺利进行和各项优化措施的有效实施。

4.3 顶管施工工艺与其他管道施工技术的对比分析

顶管施工工艺与其他传统的管道施工技术相比,具有明显的优势和特点。(1)顶管施工无需大面积开挖地面,对周围环境的影响较小,适用于繁华区域或交通要道等场合。(2)顶管施工的效率较高,工期相对较短,可以在较短时间内完成管道的铺设任务。(3)顶管施工还可以避免一些传统施工中可能出现的质量问题和安全隐患,如管道变形、漏水等。然而,顶管施工工艺也存在一定的局限性。例如,对于地质条件较差或地下管线复杂的区域,顶管施工的难度较大,可能需要采用其他辅助措施或技术手段。此外,顶管施工设备的投资和运行成本相对较高,对施工单位的技术水平和经济实力有一定要求。

结束语

通过对市政给排水管道工程顶管施工工艺的深入研究,我们认识到其在提高施工效率、保护环境等方面的优势。随着技术的不断创新,顶管施工工艺将在更多领域得到应用,为城市基础设施建设贡献更多力量。然而,我们也应关注到该工艺在应用中的挑战与不足,不断探索优化策略,推动其进一步完善与发展。展望未来,顶管施工工艺将持续发挥重要作用,助力市政给排水管道工程迎来更加美好的明天。

参考文献

- [1]张宜飞.市政道路排水工程污水管顶管施工技术研究[J].建筑技术开发,2020,47(4):92-94.
- [2]熊红.市政工程施工关键技术中的顶管施工技术分析[J].科学技术创新,2019(02):125-126
- [3]王小平.市政工程顶管施工技术及质量控制措施分析[J].科技视界,2020(15):207-208.